

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-320847

(43)Date of publication of application : 12.12.1997

(51)Int.Cl.

H01F 10/16

G11B 5/66

(21)Application number : 08-175366

(71)Applicant : RES INST ELECTRIC MAGNETIC
ALLOYS

(22)Date of filing : 31.05.1996

(72)Inventor : WATANABE MASAHIITO

(54) VERTICALLY MAGNETIZED FILM AND ITS MANUFACTURE AND VERTICAL MAGNETIC RECORDING MEDIUM**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a $(\text{FeaCo}1-a)100-x-y\text{Pt}x\text{My}$ alloy, vertically magnetized film having a large saturated magnetization and a high coercive force and its manufacture and a vertical magnetic recording medium.

SOLUTION: On a single crystal substrate having a temperature of $100-1,000^{\circ}\text{C}$, a seed layer of a thickness 100\AA or less is made out of a single metal or alloy, and a buffer layer of a thickness $5\mu\text{m}$ or thinner is made out of face-centered cubic metal at a substrate temperature $100-1,000^{\circ}\text{C}$, and on the buffer layer an alloy layer represented by a general formula $(\text{FeaCo}1-a)100-x-y\text{Pt}x\text{My}$, and containing a small amount of impurities is laminated at a substrate temperature $400-700^{\circ}\text{C}$, and it has a saturation magnetization of 8kG or more, and a coercive force of 500Oe or more. Moreover, the subcomponent M of the alloy layer is one or two or more kinds of elements selected from Be etc., and its composition ratio (a) and atomic percentages x, y satisfy $0\leq a\leq 0.4$, $30\leq x\leq 55$, and $0\leq y\leq 15$.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.07.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3318204

[Date of registration] 14.06.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-320847

(43)公開日 平成9年(1997)12月12日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 10/16			H 0 1 F 10/16	
G 1 1 B 5/66			G 1 1 B 5/66	

審査請求 未請求 請求項の数14 書面 (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平8-175366

(22)出願日 平成8年(1996)5月31日

(71)出願人 000173795

財団法人電気磁気材料研究所

宮城県仙台市太白区八木山南2丁目1-1

(72)発明者 渡辺 雅人

宮城県仙台市青葉区上杉5丁目8-70 上

杉マンション505号

(54)【発明の名称】 垂直磁化膜およびその製造法ならびに 垂直磁気記録媒体

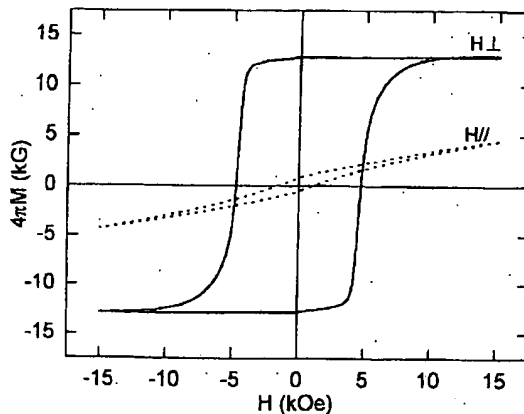
(57)【要約】 (修正有)

【課題】大きな飽和磁化と高保磁力を持つ ($\text{Fe}, \text{Co}_{1-a}$) $\text{Pt}_x \text{M}_y$ ($0 \leq a \leq 0.4$, $3.0 \leq x \leq 5.5$, $0 \leq y \leq 1.5$) 合金垂直磁化膜および製造法ならびに垂直磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】基板温度が $100 \sim 1000^\circ\text{C}$ の単結晶基板上に、 100 \AA 以下の厚さの単体金属又は合金からなるシード層を成膜し、 $100 \sim 1000^\circ\text{C}$ の基板温度で $5 \mu\text{m}$ 以下の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、基板温度 $400 \sim 700^\circ\text{C}$ で該バッファ層上に一般式 ($\text{Fe}, \text{Co}_{1-a}$) $\text{Pt}_x \text{M}_y$ で表わされ、副成分MはBe他から選択される1種又は2種以上の元素であり、その組成比aと原子比率x、yは

 $0 \leq a \leq 0.4$, $3.0 \leq x \leq 5.5$, $0 \leq y \leq 1.5$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が 8 kG 以上、保磁力が 500 Oe 以上を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】単結晶基板上に、 $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層と、該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a}\text{Pt}_a$ で表わされ、組成比 a と原子比率 x は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

【請求項2】単結晶基板上に、 $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層と、該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a}\text{Pt}_a\text{M}_y$ で表わされ、 M は Be 、 B 、 C 、 Mg 、 Al 、 Si 、 Ti 、 V 、 Cr 、 Ni 、 Mn 、 Cu 、 Ge 、 Zr 、 Nb 、 Mo 、 Ru 、 Rh 、 Pd 、 Ag 、 In 、 Sn 、 Sb 、希土類元素、 Hf 、 Ta 、 W 、 Re 、 Os 、 Ir 、 Au 、 Bi のうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比 a と原子比率 x 、 y は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

【請求項3】単結晶基板上とバッファ層の間に、 100 \AA 以下（0を含まず）の厚さの単体金属あるいは合金からなるシード層を成膜したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の垂直磁化膜。

【請求項4】単結晶基板が MgO 、サファイア、 Si 、 Ge 、 GaAs 、スピネル、アルカリハライドまたはマイカからなり、バッファ層が Pt 、 Au 、 Ag 、 Cu および Pd の1種または2種以上の金属からなることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【請求項5】シード層が Fe 、 Co 、 Ni 、 Mn および Cr の1種または2種以上の元素からなることを特徴とする請求項3に記載の垂直磁化膜。

【請求項6】単結晶基板が、ガラスまたは多結晶基板上に MgO 、 Si 、 Ge 、 GaAs の (100) 配向膜を成膜してなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【請求項7】バッファ層と合金層とを交互に積層した多層膜からなることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【請求項8】 100°C ～ 1000°C の単結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 400°C ～ 700°C で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a}\text{Pt}_a$ で表わされ、組成比 a と原子比率 x は

$(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a}\text{Pt}_a$ で表わされ、組成比 a と原子比率 x は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【請求項9】 100°C ～ 1000°C の単結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 400°C ～ 700°C で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a}\text{Pt}_a\text{M}_y$ で表わされ、 M は Be 、 B 、 C 、 Mg 、 Al 、 Si 、 Ti 、 V 、 Cr 、 Ni 、 Mn 、 Cu 、 Ge 、 Zr 、 Nb 、 Mo 、 Ru 、 Rh 、 Pd 、 Ag 、 In 、 Sn 、 Sb 、希土類元素、 Hf 、 Ta 、 W 、 Re 、 Os 、 Ir 、 Au 、 Bi のうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比 a と原子比率 x 、 y は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【請求項10】 100°C ～ 1000°C の単結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 400°C ～ 700°C で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a}\text{Pt}_a$ で表わされ、組成比 a と原子比率 x は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層し、これをさらに真空中または非酸化性雰囲気中の 200°C ～ 700°C の温度で加熱することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

【請求項11】 100°C ～ 1000°C の単結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 400°C ～ 700°C で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a}\text{Pt}_a\text{M}_y$ で表わされ、 M は Be 、 B 、 C 、 Mg 、 Al 、 Si 、 Ti 、 V 、 Cr 、 Ni 、 Mn 、 Cu 、 Ge 、 Zr 、 Nb 、 Mo 、 Ru 、 Rh 、 Pd 、 Ag 、 In 、 Sn 、 Sb 、希土類元素、 Hf 、 Ta 、 W 、 Re 、 Os 、 Ir 、 Au 、 Bi のうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比 a と原子比率 x 、 y は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層し、これをさらに真空中または非酸化性雰囲気中の 200°C ～ 700°C の温度で加熱することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層し、これをさらに真空中または非酸化性雰囲気中の 200°C ～ 700°C の温度で加熱することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

【特許請求の範囲】

【請求項1】単結晶基板上に、 $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層と、該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a-x} \text{Pt}_x$ で表わされ、組成比 a と原子比率 x は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

【請求項2】単結晶基板上に、 $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層と、該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a-x-y} \text{Pt}_x \text{M}_y$ で表わされ、 M は Be、B、C、Mg、Al、Si、Ti、V、Cr、Ni、Mn、Cu、Ge、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、In、Sn、Sb、希土類元素、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Au、Bi のうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比 a と原子比率 x 、 y は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

【請求項3】単結晶基板上とバッファ層の間に、 100 \AA 以下（0を含まず）の厚さの単体金属あるいは合金からなるシード層を成膜したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の垂直磁化膜。

【請求項4】単結晶基板が MgO 、サファイア、Si、Ge、GaAs、スピネル、アルカリハライドまたはマイカからなり、バッファ層が Pt 、Au、Ag、Cu および Pd の1種または2種以上の金属からなることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【請求項5】シード層が Fe 、 Co 、 Ni 、 Mn および Cr の1種または2種以上の元素からなることを特徴とする請求項3に記載の垂直磁化膜。

【請求項6】単結晶基板が、ガラスまたは多結晶基板上に MgO 、Si、Ge、GaAs の (100) 配向膜を成膜してなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【請求項7】バッファ層と合金層とを交互に積層した多層膜からなることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【請求項8】 100°C ～ 1000°C の単結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 400°C ～ 700°C で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{C}$

$)_{1-a-x} \text{Pt}_x$ で表わされ、組成比 a と原子比率 x は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【請求項9】 100°C ～ 1000°C の単結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 400°C ～ 700°C で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{C}$

$$)_{1-a-x-y} \text{Pt}_x \text{M}_y$$
 で表わされ、 M は Be、B、C、Mg、Al、Si、Ti、V、Cr、Ni、Mn、Cu、Ge、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、In、Sn、Sb、希土類元素、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Au、Bi のうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比 a と原子比率 x 、 y は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【請求項10】 100°C ～ 1000°C の単結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 400°C ～ 700°C で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a-x} \text{Pt}_x$ で表わされ、組成比 a と原子比率 x は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層し、これをさらに真空中または非酸化性雰囲気中の 200°C ～ 700°C の温度で加熱することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【請求項11】 100°C ～ 1000°C の単結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下（0を含まず）の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 400°C ～ 700°C で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-a-x-y} \text{Pt}_x \text{M}_y$ で表わされ、 M は Be、B、C、Mg、Al、Si、Ti、V、Cr、Ni、Mn、Cu、Ge、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、In、Sn、Sb、希土類元素、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Au、Bi のうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比 a と原子比率 x 、 y は

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層し、これをさらに真空中または非酸化性雰囲気中の 200°C ～ 700°C の温度で加熱することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層し、これをさらに真空中または非酸化性雰囲気中の200℃～700℃の温度で加熱することを特徴とし、飽和磁化が8kG以上であり、保磁力が500 Oe以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【請求項12】バッファ層と合金層とを交互に積層した多層膜とすることを特徴とする請求項8ないし11のいずれか1項に記載の垂直磁化膜の製造法。

【請求項13】単結晶基板上とバッファ層の間に、100Å以下(0を含まず)の厚さの単体金属あるいは合金からなるシード層を成膜したことを特徴とする請求項8ないし12のいずれか1項に記載の垂直磁化膜の製造法。

【請求項14】請求項1ないし7のいずれか1項に記載の垂直磁化膜からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、垂直磁気記録に用いられる垂直磁化膜及びその製造法並びにこの垂直磁化膜を用いた垂直磁気記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】Fe-Pt系合金は耐蝕性に優れた永久磁石材料で歯科等の医療用としての応用が期待されている。またCo-Pt系、Fe-Co-Pt系合金も優れた永久磁石材料であり、精密機器・健康医療器具等に用いられている。先に本発明者らは、ガラス基板上に成膜した50at%Pt付近の組成のFe-Pt系合金薄膜が、その微細な結晶組織のために15kOe以上の非常に大きな保磁力を示すことを開示した(特開平6-224038)。しかし、この合金薄膜はc軸配向膜ではなく面内で高保磁力を有する面内磁化膜であり、光磁気記録・垂直磁気記録等で必要とされる垂直磁化膜ではないので、これらの記録媒体には適さない。

【0003】現在実用化されている垂直磁気記録材料であるCo-Cr系合金垂直磁化膜はCoの一軸結晶磁気異方性に基いているが、この異方性磁界が飽和磁化の値に及ばないため、副成分としてCrを添加して飽和磁化を下げた垂直磁化膜としている。従ってCo本来の飽和磁化の値(～1.8T)を生かしきれていない。それに対し(Fe_{100-x}Co_x)Pt_y(0≤a≤0.4, 30≤x≤55)合金の異方性磁界は、飽和磁化4πM_sの値(FePtの場合1.45T)よりも一桁以上大きいので、副成分を添加して飽和磁化を下げて使う必要がない。また、(Fe_{100-x}Co_x)Pt_y(0≤a≤0.4, 30≤x≤55)合金は、貴金属元素を含むためCo-Cr系合金よりも耐食性に優れている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一方、FePt合金とCoPt合金は希土類系化合物に匹敵する一軸結晶磁気異方性定数K_uの値を有している(FePt; 7×10⁷erg/cc, CoPt; 4×10⁷erg/cc)、ガラスあるいは多結晶基板上に成長させたこれらの合金薄膜は、高保磁力の垂直磁化成分を有するが、膜面内方向が容易軸である面内磁化膜であり角型性に劣る。しかし、(Fe_{100-x}Co_x)Pt_y(0≤a≤0.4, 30≤x≤55)合金膜の結晶配向を制御し異方性化できれば、高飽和磁化・高保磁力を持つ垂直磁化膜が実現でき、垂直磁気記録媒体として応用できるものと考えられる。また、(Fe_{100-x}Co_x)Pt_y系合金膜は、貴金属ベースであるため高い耐食性を示すことも有利な点である。本発明は(Fe_{100-x}Co_x)Pt_y系合金の結晶配向を揃えた垂直磁化膜及びこれを得る方法と、これを用いた垂直磁気記録媒体を提供するものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明はFePtおよびCoPt合金の高い結晶磁気異方性と飽和磁化に着目し、結晶配向性と結晶組織を制御することにより、高飽和磁化・高保磁力の垂直磁化膜が得られることを見出したものである。薄膜製造法としては真空蒸着法、各種スパッタリング法(直流スパッタ、高周波スパッタ、マグネトロンスパッタ、イオンビームスパッタ、イオンプレーティング)と、各種化学的気相成長法(CVD、MOCVD等)が適用できる。

【0006】成膜方法は、真空中または各種ガス(アルゴン、ネオン、キセノン、窒素など)雰囲気において先ず100～1000℃の単結晶基板上に5μm以下(0を含まず)の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を積層し、次いでその上に400～700℃の基板温度で(Fe_{100-x}Co_x)Pt_y(0≤a≤0.4, 30≤x≤55)または(Fe_{100-x-y}Co_xM_y)(0≤a≤0.4, 30≤x≤55, 0.001≤y≤15)合金層を積層する。必要ならばバッファ層を積層する前に100Å以下(0を含まず)の厚さの単体金属あるいは合金からなるシード層を積層すれば、より結晶配向性の良好な薄膜が得られる。

【0007】またバッファ層と(Fe_{100-x-y}Co_xM_y)あるいは(Fe_{100-x}Co_x)Pt_y合金層を交互に積層した多層膜としても、良好な磁気特性の垂直磁化膜が得られる。多層膜を構成するバッファ層厚は、磁気特性の低下を防ぐため100Å以下が望ましい。

【0008】本発明に関する基板としてはMgO、サファイア、Si、Ge、GaAs、スピネル、アルカリハライド、マイカ等の単結晶基板を用いることができるが、バッファ層の金属との格子整合がよいことが望ましい。

シード層としてはFe、Co、Ni、Mn、Cr等の遷移金属あるいは遷移金属合金が望ましい。バッファ層としてはFePt層との格子整合がよい面心立方品の金属・合金が望ましく、具体的にはPt、Au、Ag、Cu、Pdとこれらの元素からなる合金があげられる。

【0009】また、ガラスまたは多結晶基板上にMgO、Si、Ge、GaAsの(100)配向膜を成膜し、これを基板として用いてもよい。

【0010】また、必要により200℃～700℃の温度で熱処理することで垂直磁気異方性が増すため、優れた垂直磁化膜を得ることができる。

【0011】本発明の特徴とするところは次の通りである。

【第1発明】単結晶基板上に、5μm以下(0を含まず)の厚さの面心立方金属からなるバッファ層と、該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co}_{1-x})_{100-x} \text{Pt}_x$ で表わされ、組成比aと原子比率xは

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が8kG以上であり、保磁力が500 Oe以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

【0012】【第2発明】単結晶基板上に、5μm以下(0を含まず)の厚さの面心立方金属からなるバッファ層と、該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co}_{1-x})_{100-x-y} \text{Pt}_x \text{M}_y$ で表わされ、MはBe、B、C、Mg、Al、Si、Ti、V、Cr、Ni、Mn、Cu、Ge、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、In、Sn、Sb、希土類元素、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Au、Biのうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比aと原子比率x、yは

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が8kG以上であり、保磁力が500 Oe以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層してなり、飽和磁化が8kG以上であり、保磁力が500 Oe以上を有することを特徴とする垂直磁化膜。

【0013】【第3発明】単結晶基板上とバッファ層の間に、100Å以下(0を含まず)の厚さの単体金属あるいは合金からなるシード層を成膜したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の垂直磁化膜。

【0014】【第4発明】単結晶基板がMgO、サファイア、Si、Ge、GaAs、スピネル、アルカリハライドまたはマイカからなり、バッファ層がPt、Au、Ag、CuおよびPdの1種または2種以上の金属からなることを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【0015】【第5発明】シード層がFe、Co、Ni、MnおよびCrの1種または2種以上の元素からな

ることを特徴とする請求項3に記載の垂直磁化膜。

【0016】【第6発明】単結晶基板が、ガラスまたは多結晶基板上にMgO、Si、Ge、GaAsの(100)配向膜を成膜してなることを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【0017】【第7発明】バッファ層と合金層とを交互に積層した多層膜からなることを特徴とする請求項1ないし6のいずれか1項に記載の垂直磁化膜。

【0018】【第8発明】100℃～1000℃の単結晶基板上に、先ず5μm以下(0を含まず)の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度400℃～700℃で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co}_{1-x})_{100-x} \text{Pt}_x$ で表わされ、組成比aと原子比率xは

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が8kG以上であり、保磁力が500 Oe以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【0019】【第9発明】100℃～1000℃の単結晶基板上に、先ず5μm以下(0を含まず)の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度400℃～700℃で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co}_{1-x})_{100-x-y} \text{Pt}_x \text{M}_y$ で表わされ、MはBe、B、C、Mg、Al、Si、Ti、V、Cr、Ni、Mn、Cu、Ge、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、In、Sn、Sb、希土類元素、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Au、Biのうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比aと原子比率x、yは

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が8kG以上であり、保磁力が500 Oe以上を有する垂直磁化膜の製造法。

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

$$0.001 \leq y \leq 15$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層することを特徴とし、飽和磁化が8kG以上であり、保磁力が500 Oe以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【0020】【第10発明】100℃～1000℃の単結晶基板上に、先ず5μm以下(0を含まず)の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度400℃～700℃で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co}_{1-x})_{100-x} \text{Pt}_x$ で表わされ、組成比aと原子比率xは

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$30 \leq x \leq 55$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層し、これをさらに真空中または非酸化性雰囲気中の200℃～700℃の温度で加熱することを特徴とし、飽和磁化が8kG以上であり、保磁力が500 Oe以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【0021】【第11発明】100℃～1000℃の単

結晶基板上に、先ず $5\mu\text{m}$ 以下(0を含まず)の厚さの面心立方金属からなるバッファ層を成膜し、次いで基板温度 $400^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}$ で該バッファ層上に一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-x-y}\text{Pt}_x\text{M}_y$ で表わされ、MはBe、B、C、Mg、Al、Si、Ti、V、Cr、Ni、Mn、Cu、Ge、Zr、Nb、Mo、Ru、Rh、Pd、Ag、In、Sn、Sb、希土類元素、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Au、Biのうちから選択される1種または2種以上の元素であり、その組成比aと原子比率x、yは

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

である組成と少量の不純物からなる合金層を積層し、これをさらに真空中または非酸化性雰囲気中の $200^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}$ の温度で加熱することを特徴とし、飽和磁化が 8 kG 以上であり、保磁力が 500 Oe 以上を有する垂直磁化膜の製造法。

【0022】[第12発明] バッファ層と合金層とを交互に積層した多層膜とすることを特徴とする請求項8ないし11のいずれか1項に記載の垂直磁化膜の製造法。

【0023】[第13発明] 単結晶基板上とバッファ層の間に、 100 \AA 以下(0を含まず)の厚さの単体金属あるいは合金からなるシード層を成膜したことを特徴とする請求項8ないし12のいずれか1項に記載の垂直磁化膜の製造法。

【0024】[第14発明] 請求項1ないし7のいずれか1項に記載の垂直磁化膜からなることを特徴とする光磁気記録媒体。

【0025】

【作用】本発明の一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-x-y}\text{Pt}_x\text{M}_y$ 系合金層の組成比aと原子比率xを

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

と限定したのは、この組成範囲ではバッファ層の存在により $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-x-y}\text{Pt}_x$ 合金層の組織制御がなされ、その結果高保磁力と高角型比の優れた垂直磁化膜が得られるが、この組成を外れると結晶磁気異方性が低下し良好な垂直磁化膜が得られないからである。

【0026】また一般式 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-x-y}\text{Pt}_x\text{M}_y$ 系合金層の組成比aと原子比率x、yを

$$0 \leq a \leq 0.4$$

$$3.0 \leq x \leq 5.5$$

$$0.001 \leq y \leq 1.5$$

のように限定したのは、その組成を外れた場合には結晶磁気異方性が低下するため良好な垂直磁化膜が得られなくなり、飽和磁化とキュリー点が低下しすぎるためである。

【0027】Be、B、C、Mg、Al、Si、Ti、V、Ni、Mn、Cu、Ge、Zr、Nb、Mo、Ag、In、Sn、Sb、希土類元素、Hf、Ta、W、Au、Biのいずれかを15%以下添加すると、保磁力を大きくする効果がある。さらに、Cr、Ru、Rh、Pd、Re、Os、Irのいずれかを15%以下添加すると、合金膜の耐食性を向上させる効果がある。

【0028】バッファ層厚を $5\mu\text{m}$ 以下(0を含まず)に限定した理由は、バッファ層の磁気特性改善への効果が、 $5000\text{ \AA}\sim 1\mu\text{m}$ 程度で最も大きくなるが、これ以上の厚さでは保磁力・角型比ともに徐々に減少してくるためである。この効果は選ぶ基板の種類と表面状態によって若干異なっている。

【0029】また、ガラスあるいは多結晶基板上にMgO、Si、Ge、GaAs等の(100)配向膜を成膜し、これを基板として用いれば若干特性は低下するが同等の効果が得られる。

【0030】 100 \AA 以下の単体金属あるいは合金からなるシード層をバッファ層の前に成長させれば、結晶配向性が改善され、より良好な磁気特性を有する垂直磁化膜が得られる。

【0031】シード層とバッファ層の成長中基板温度は $100\sim 1000^\circ\text{C}$ としているが、 1000°C 以上の基板温度では薄膜の平滑性が悪くなり、 100°C 以下ではエピタキシャル成長が困難となるためである。一般に 300°C 以下の比較的低温の場合にはエピタキシャル成長が難しくなってくるため、最終到達真空度をあげて清浄な雰囲気中で成膜することが望ましい。

【0032】 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-x-y}\text{Pt}_x\text{M}_y$ 合金層成長中の基板温度は $400^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}$ としているが、これは 400°C 以下では $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-x-y}\text{Pt}_x\text{M}_y$ 合金層が規則化せず、 700°C 以上ではバッファ層との拡散を抑えることができないためである。垂直磁気記録媒体として用いる場合、 $(\text{Fe}, \text{Co})_{1-x-y}\text{Pt}_x\text{M}_y$ 合金層は 500 \AA 以上の厚さであることが望ましい。

【0033】さらに必要に応じて成膜後に $200^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}$ で加熱することにより、規則化が促進されその結果垂直磁気異方性が大きくなり、優れた垂直磁化膜が得られるが、 200°C 以下では効果が小さくまた 700°C 以上ではバッファ層との拡散を抑えることができないので $200^\circ\text{C}\sim 700^\circ\text{C}$ と限定した。

【0034】

【実施例】次に本発明の実施例につき説明する。

実施例1

$(\text{Fe}, \text{Co})_{1-x-y}\text{Pt}_x$ のa=1の場合、すなわち $\text{Fe}_{100-x}\text{Pt}_x$ 薄膜の製造と評価について説明する。

【0035】図1に、本発明の垂直磁化膜の形成に用いた3元マグネトロン高周波スパッタリング装置を示す。

真空チャンバ内にFe-Pt層形成用ターゲット1と、PtおよびAuバッファ層形成用ターゲット2と、Feシード層形成用ターゲット3を設置してある。Fe-Pt層形成用ターゲットは、Feターゲット上にPtチップを対称に配置した複合ターゲットである。各ターゲットをスパッタリング電極に取り付けた後に、真空チャンバ内を 2×10^{-7} Torr以下に排気した。その後MgO(100)単結晶基板をヒータで加熱し、600℃まで昇温した。温度が安定した後に、アルゴンガスを真空チャンバ内に導入し、20mTorrの圧力となるようにメインバルブを調整した。その後、高周波電力を電源から各ターゲットに与えて予備スパッタを30分間行った後に、基板上に薄膜成長を始めた。まず、600℃の基板温度でシード層であるFe層を10Åと、次いでPtおよびAuバッファ層を200Å~1μmの厚さまで成長を行った。Fe-Pt層の形成は500℃で行った。その後アルゴンガスを真空チャンバ内に導入し冷却した。同様の方法で、MgO(100)単結晶基板上にFe₅₀Pt₅₀合金層とAuバッファ層からなる多層膜を作製した。Fe₅₀Pt₅₀合金層厚とAu層厚は、それぞれ100Åと50Åで、積層回数は10周期である。多層膜部分の成長中基板温度は500℃である。

【0036】図2に作製したFe-Pt薄膜とFe₅₀Pt₅₀/Au多層膜の構成を示す。

【0037】図3に、一例として作製したFe₅₀Pt₅₀薄膜のX線回折パターンを示す。Fe₅₀Pt₅₀層は、(001)、(002)、(003)面のピークのみが観察され、ほぼ100%膜面垂直にc軸配向していることが分かる。

【0038】図4に、作製したFe₅₀Pt₅₀薄膜の膜面垂直と膜面内に磁場を印加した時のヒステリシスル

ープを示す。膜面垂直方向が磁化容易方向の垂直磁化膜であり、ほぼ100%の角型比と約5kOeの保磁力が得られた。

【0039】図5に、キュリー点、保磁力および角型比のPt組成依存性を示す。キュリー点はほぼ50at%Ptで約480℃の最大値をとり、Fe側あるいはPt側に組成がずれると低下するが、FePt₃の反強磁性相の存在のために、Pt側の低下が顕著である。保磁力および角型比は、ともにFePt規則相の存在する50at%付近で最大値をとり、この組成からずれるほど特性は低下する。

【0040】図6に、角型比および保磁力のバッファ層厚依存性を示す。バッファ層厚の増大とともに角型比と保磁力が増大し、磁気特性の改善に非常に有効であることが分かる。バッファ層厚が0.5μm以上ではやや特性の低下が見られる。

【0041】図7に、Fe₅₀Pt₅₀/Au多層膜のヒステリシスループを示す。垂直磁化膜となり、飽和磁化11.0kG保磁力3.0kOeが得られた。

【0042】実施例2

本実施例では各種副成分元素Mを添加した場合の(Fe_aCo_{1-a})_{100-x-y}Pt_xM_y(0≤a≤0.4, 30≤x≤55, 0.001≤y≤15)合金薄膜の磁気特性について示す。副成分添加はFe-CoおよびCoターゲット上にPtチップと同時に添加元素のチップを対称に配置して行い、他の作製方法は実施例1と同様である。表1および表2に、(Fe_aCo_{1-a})_{100-x-y}Pt_xM_y合金薄膜の代表的なものについて、その磁気特性(保磁力、飽和磁化)の値を示す。

【0043】

【表1】

組 成	成 膜 後		成膜後熱處理 (400°C 2hr.)
	保磁力 H_c (kOe)	飽和磁化 $4\pi M_s$ (kG)	保磁力 H_c (kOe)
32%Fe-18%Co-50%Pt	4.5	12.4	4.7
30%Fe-14%Co-51%Pt-5%B	4.6	11.8	4.8
30%Fe-16%Co-48%Pt-6%C	4.9	12.2	5.2
33%Fe-15%Co-50%Pt-2%Mg	4.7	12.0	4.8
32%Fe-15%Co-50%Pt-3%Al	5.0	12.5	5.2
32%Fe-11%Co-45%Pt-12%Si	4.7	12.9	4.8
30%Fe-21%Co-40%Pt-9%Ti	5.5	13.2	5.7
38%Fe-14%Co-47%Pt-1%V	4.8	13.8	4.8
39%Fe-15%Co-41%Pt-5%Ni	4.9	13.1	5.2
33%Fe-15%Co-50%Pt-2%Mn	4.8	14.0	4.9
30%Fe-16%Co-48%Pt-6%Ge	5.2	12.7	5.3
32%Fe-15%Co-50%Pt-3%Zr	4.7	12.9	4.8
30%Fe-21%Co-40%Pt-9%Nb	5.7	13.5	6.0
27%Fe-16%Co-45%Pt-12%Mo	5.3	11.8	5.5
32%Fe-15%Co-50%Pt-3%In	4.6	13.8	4.7
33%Fe-15%Co-50%Pt-2%Sn	4.6	14.1	4.8
30%Fe-14%Co-51%Pt-5%Sb	5.1	12.6	5.4
30%Fe-21%Co-40%Pt-9%Hf	5.0	12.1	5.3
22%Fe-11%Co-55%Pt-12%Ta	4.8	11.2	5.1
30%Fe-16%Co-48%Pt-6%W	4.7	12.6	5.0
22%Fe-11%Co-55%Pt-12%Nd	4.3	10.8	4.4
30%Fe-14%Co-51%Pt-5%Pr	4.2	12.4	4.3
22%Fe-11%Co-55%Pt-12%Bi	3.8	11.6	4.0
30%Fe-21%Co-40%Pt-9%Cu	3.6	12.2	3.7
30%Fe-16%Co-48%Pt-6%Ag	4.1	11.8	4.3
22%Fe-11%Co-55%Pt-12%Au	3.7	10.5	3.8
30%Fe-14%Co-51%Pt-5%Cr	4.3	11.8	4.5
22%Fe-11%Co-55%Pt-12%Ru	3.8	10.2	3.9
30%Fe-16%Co-48%Pt-6%Rh	3.8	10.5	3.8

組 成	成 膜 後		成膜後熱処理 (400°C 2hr.)
	保磁力 H_c (kOe)	飽和磁化 $4\pi M_s$ (kG)	保磁力 H_c (kOe)
40%Fe-16%Co-35%Pt-9%Pd	3.4	14.8	3.5
30%Fe-14%Co-37%Pt-5%Re	4.2	14.1	4.3
32%Fe-17%Co-39%Pt-12%Os	3.5	13.5	3.7
30%Fe-21%Co-40%Pt-9%Ir	3.3	12.6	3.5
21%Fe-15%Co-55%Pt-9%Be	3.1	11.7	3.4
36%Fe-14%Co-43%Pt-2%Pd-5%Au	4.2	12.8	4.4
26%Fe-12%Co-51%Pt-4%B-7%Bi	3.2	11.2	3.6
34%Fe-14%Co-42%Pt-4%Nb-6%Ir	3.4	10.1	3.5
31%Fe-15%Co-44%Pt-2%Co-5%Zr-3%Cr	3.4	10.6	3.7
26%Fe-17%Co-46%Pt-2%Ge-5%Sm-4%Re	2.8	10.3	3.0

【0045】シード層は10ÅのFe層、バッファ層は1000ÅのPt層の順でMgO(100)単結晶基板上に成長させた。シード層およびバッファ層成長時の基板温度は500°Cで(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{55-y}Pt₄₅M_y合金層成長時の基板温度は400°Cである。

【0046】さらに各種副成分元素を添加する場合には、変態温度が低下し規則度も低下する。そのため、成膜後に熱処理を行えば規則化が促進されて垂直異方性も増加し、特性向上も期待される。表1および表2に、400°Cで成膜後熱処理した場合と熱処理しない場合の磁気特性を比較して示す。飽和磁化の熱処理前後の変化は、ほとんどない。

【0047】図8～図14に、(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{55-y}Pt₄₅M_y合金垂直磁化膜の保磁力H_cおよび飽和磁化4πM_sと副成分組成yとの関係を示す。なお、希土類元素はSc、Yおよびランタン系元素からなるものであるが、その効果は均等である。

【0048】実施例3

本実施例では、あらかじめMgO(100)配向膜が成膜されたガラス基板上に作製したFe₃₀Co₂₀Pt₅₀垂直磁化膜の磁気特性について示す。作製方法は実施例1および2と同様である。図15に、膜面垂直と膜面内方向に磁場を印加した時のヒステリシスループを示す。MgO(100)単結晶基板上に成膜した場合よりは角型性に若干劣るが、垂直磁化膜が得られていることがわかる。

【0049】
【発明の効果】本発明の垂直磁化膜は高い飽和磁化と高保磁力を有するため、垂直磁気記録媒体等に好適である。
【図面の簡単な説明】
【図1】図1は、本発明の成膜に用いた3元高周波マグネトロンスパッタ装置の模式図である。

【図2】図2は、Fe-Pt垂直磁化膜とFe₅₀Pt₅₀/Au多層膜の構成を示す模式図である。

【図3】図3は、Fe₅₀Pt₅₀垂直磁化膜のX線回折パターンを示す特性図である。

【図4】図4は、Fe₅₀Pt₅₀垂直磁化膜の磁化のヒステリシスループを示す特性図である。

【図5】図5は、Fe-Pt垂直磁化膜のキュリー点T_c、角型比M_r/M_sおよび保磁力H_cのPt組成依存性を示す特性図である。

【図6】図6は、Fe₅₀Pt₅₀垂直磁化膜の角型比M_r/M_sおよび保磁力H_cのPtバッファ層厚依存性を示す特性図である。

【図7】図7は、Fe₅₀Pt₅₀(100Å)/Au(50Å)多層垂直磁化膜のヒステリシスループを示す特性図である。

【図8】図8は、(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{55-y}Pt₄₅M_y合金垂直磁化膜の保磁力H_cとおよび飽和磁化4πM_sと副成分組成yの関係を示す特性図である。副成分はBe、B、C、Al、Mgである。

【図9】図9は、(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{55-y}Pt₄₅M_y合金垂直磁化膜の保磁力H_cとおよび飽和磁化4πM_sと副成分組成yの関係を示す特性図である。副成分はSi、Ti、V、Ni、Mnである。

【図10】図10は、(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{55-y}Pt₄₅M_y合金垂直磁化膜の保磁力H_cとおよび飽和磁化4πM_sと副成分組成yの関係を示す特性図である。副成分はCu、Ge、Zr、Nb、Moである。

【図11】図11は、(Fe_{0.7}Co_{0.3})_{55-y}Pt₄₅M_y合金垂直磁化膜の保磁力H_cとおよび飽和磁化4πM_sと副成分組成yの関係を示す特性図である。副成分はAg、In、希土類、Sn、Sbである。

【図12】図12は、(Fe_{0.7}Co_{0.3})

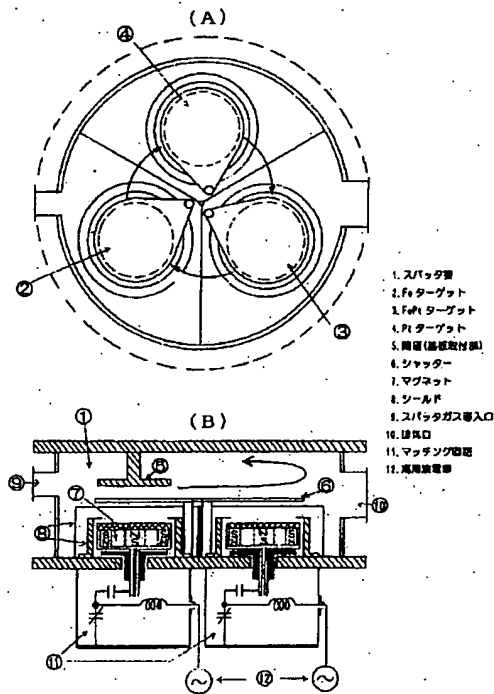
ss-y Pt₄₅ M_y 合金垂直磁化膜の保磁力H_cとおよび飽和磁化4πM_sと副成分組成yの関係を示す特性図である。副成分はHf、Ta、W、Au、Biである。

【図13】図13は、(Fe_{0.7} Co_{0.3})

ss-y Pt₄₅ M_y 合金垂直磁化膜の保磁力H_cとおよび飽和磁化4πM_sと副成分組成yの関係を示す特性図である。副成分はCr、Ru、Rh、Pd、Reである。

*

【図1】

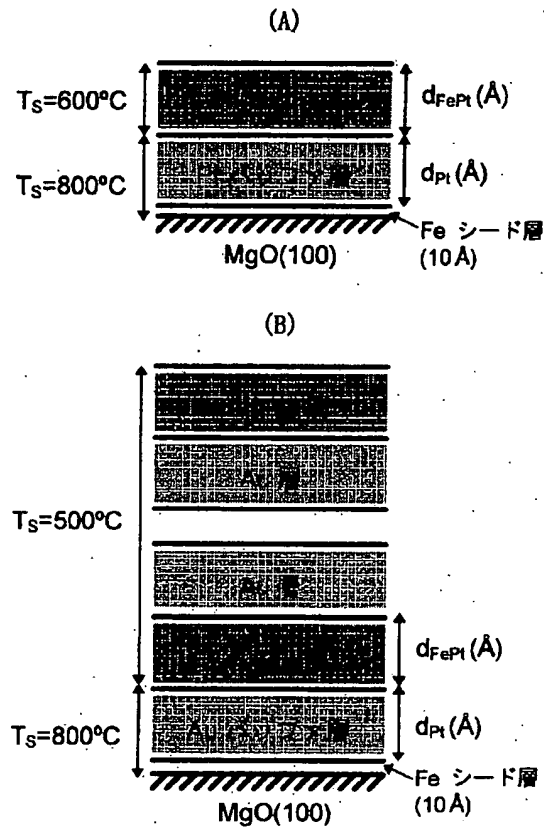


* 【図14】図14は、(Fe_{0.7} Co_{0.3})

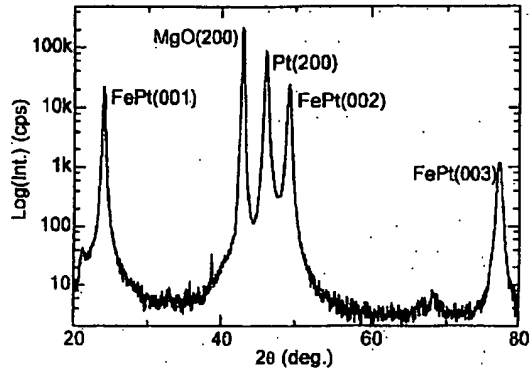
ss-y Pt₄₅ M_y 合金垂直磁化膜の保磁力H_cとおよび飽和磁化4πM_sと副成分組成yの関係を示す特性図である。副成分はOs、Irである。

【図15】図15は、ガラス基板上にMgO(100)配向膜を成膜し、その上に作製したFe₃₀Co₂₀Pt₅₀垂直磁化膜のヒステリシスループを示す特性図である。

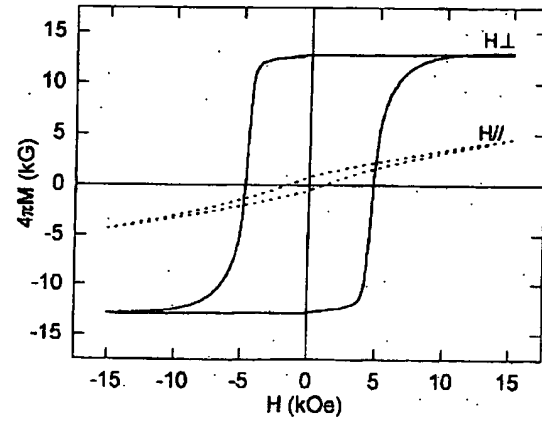
【図2】



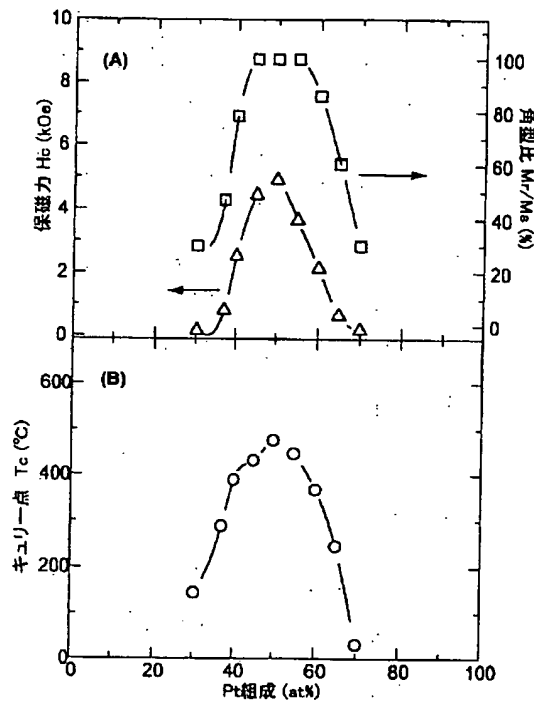
【図3】



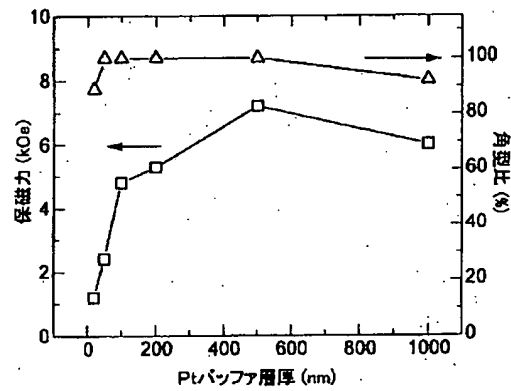
【図4】



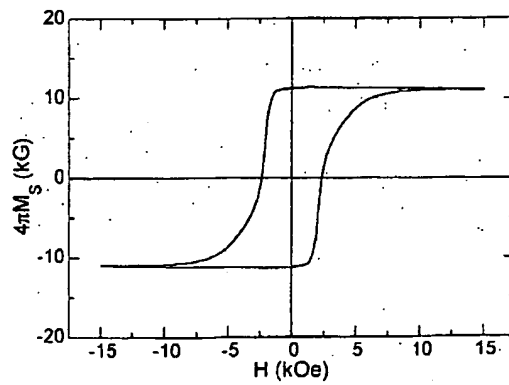
【図5】



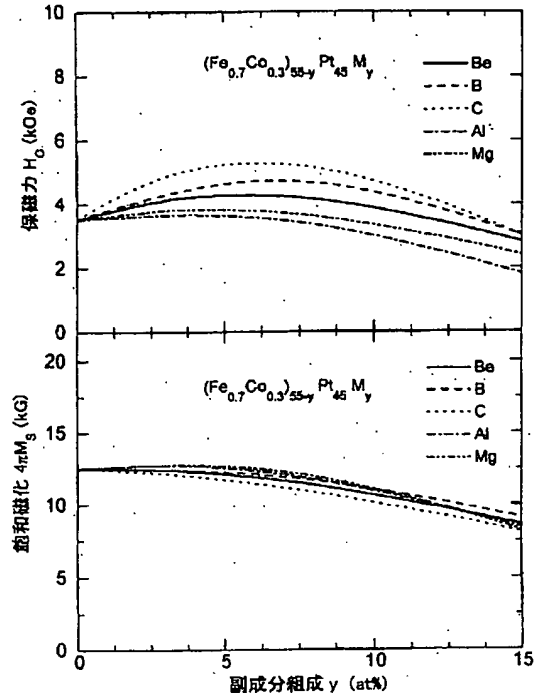
【図6】



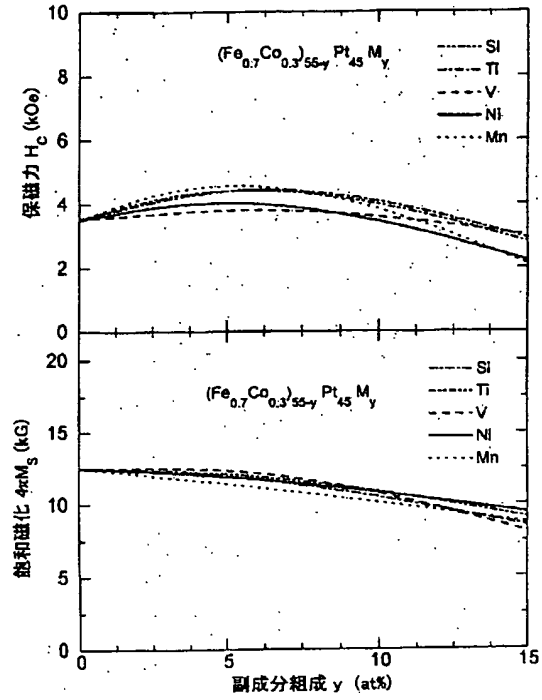
【図7】



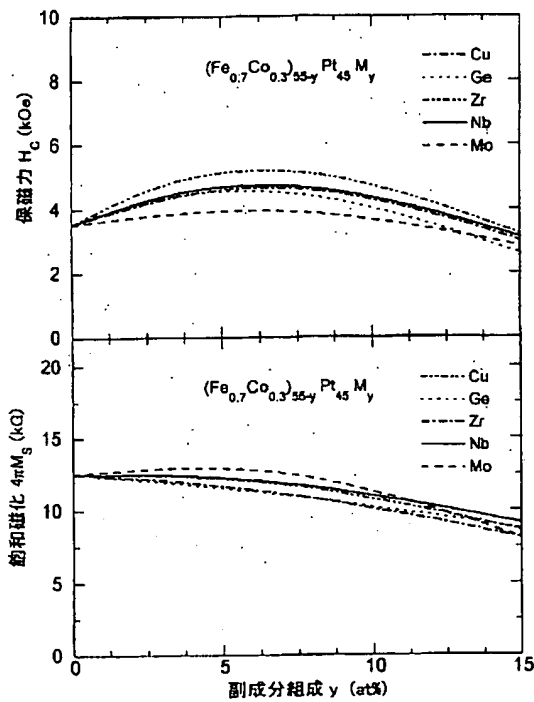
【図8】



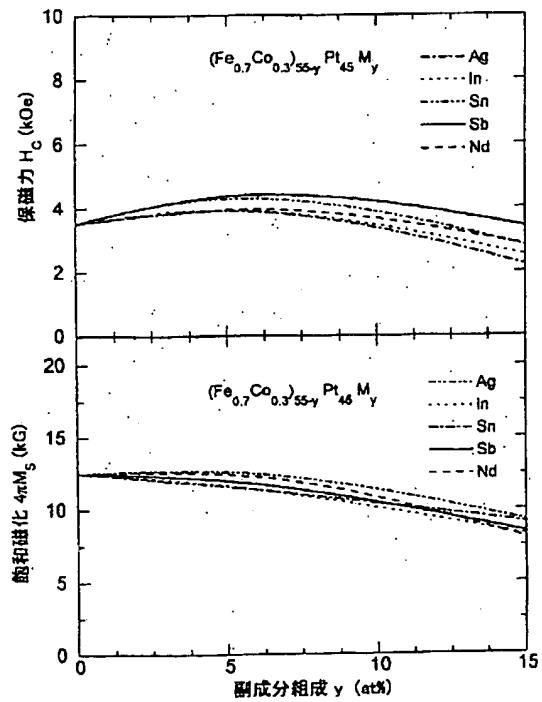
【図9】



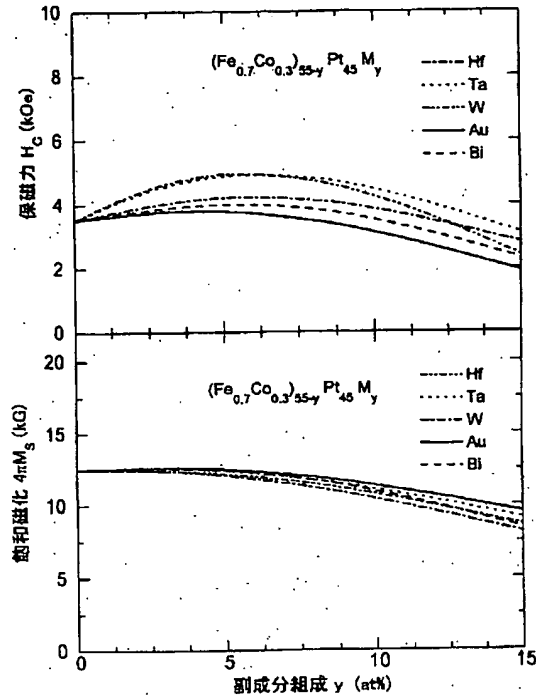
【図10】



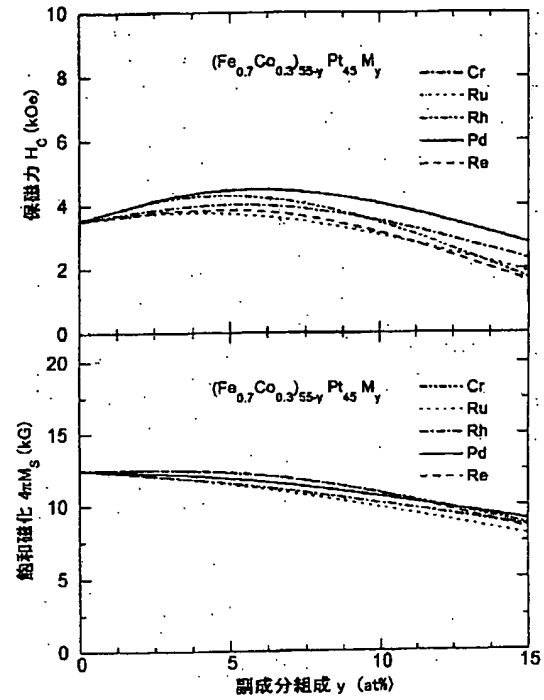
【図11】



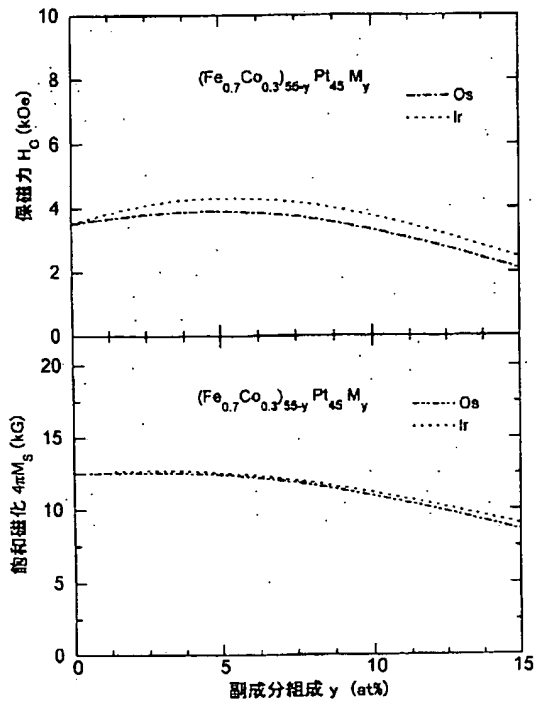
【図12】



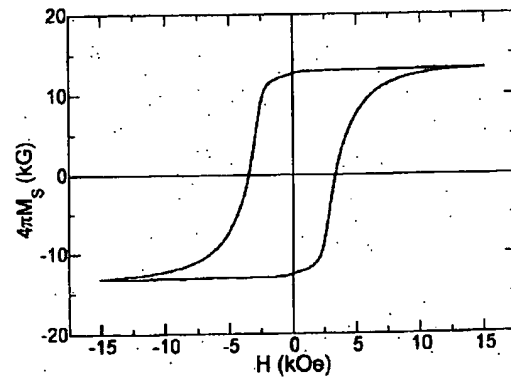
【図13】



【図14】



【図15】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.